http://journal.rmutp.ac.th/

การจัดการระบบละลายน้ำแข็งในเครื่องทำความเย็นเพื่อการประหยัดพลังงาน

นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ* มนัส บุญเทียรทอง และ ธีรพงศ์ มีเอี่ยม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

รับบทความ 4 สิงหาคม 2016; ตอบรับบทความ 20 มกราคม 2017

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการจัดการช่วงระยะเวลาการละลายน้ำแข็งที่แผงเครื่องระเหยของตู้แช่เย็น โดยใช้ผลต่างของอุณหภูมิที่เครื่องระเหยและพื้นที่แช่เย็น ควบคุมการทำละลายน้ำแข็งที่แผงเครื่องระเหยตามภาระและสั่งการทำงานของมอเตอร์พัดลมให้สัมพันธ์กับช่วงเวลาในการละลายน้ำแข็ง โดยเปรียบเทียบจากระบบควบคุมของตู้แช่เย็นทั่วไปที่กำหนดรอบในการละลายน้ำแข็งด้วยการตั้งเวลาคงที่ซึ่งอ้างอิงจากฤดูที่มีความชื้นสูงสุด เพื่อให้เครื่องทำงานได้โดยไม่เกิดปัญหาน้ำแข็งหนาแน่นจนไม่สามารถแลกเปลี่ยนอุณหภูมิได้ตามปกติ จึงทำให้เกิดช่วงเวลาการละลายน้ำแข็งที่เกินความจำเป็นในฤดูที่มีความชื้นต่ำและช่วงเวลาดังกล่าวนี้เป็นการใช้พลังงานที่ไม่เกิดประโยชน์ต่อระบบการทำความเย็น บทความวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบควบคุมช่วงการละลายน้ำแข็ง โดยผลทดสอบพบว่าการควบคุมการละลายน้ำแข็งที่เครื่องระเหยตามภาระ ทำให้ตู้แช่เย็นใช้พลังงานโดยรวมน้อยลงร้อยละ 8 เมื่อเทียบกับระบบควบคุมการละลายน้ำแข็งแบบตั้งเวลาคงที่

คำสำคัญ : ตู้แช่เย็น; การละลายน้ำแข็ง; เครื่องระเหย; ความชื้น

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +668 9607 1641, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: nattachote.r@rmutp.ac.th*

http://journal.rmutp.ac.th/

The Ice Defrosting System Management in Refrigerator for Energy Saving

Nattachote Rugthaicharoencheep* Manat Boonthienthong and Teerapong Meeiam

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
1381 Pracharat 1 Road, Wong Sawang, Bang Sue, Bangkok 10800

Received 4 August 2016; accepted 20 January 2017

Abstract

This paper presents about the defrosting time of evaporator in refrigerator by using the temperature different between evaporator and chilling area. This temperature different concept could control the defrosting system to operate according to the load. It also helps controlling the operation of fan motor to be able to operate in accordance with the defrosting time. In general system, the timer is set at the highest humidity season which cause the unneccessary defrosting cycle even in low humidity season. This general system create the west of power usage colling system. These can cause time-consuming in defrosting process in the low humidity season and cause the unnecessary usage of power to cooling system. This research is to develop the controller for the defrosting system at evaporator from the investigation. As the results, we have found that the defrosting system at evaporator according to its load made the refrigerator can decrease the power about 8% when comparing to constant time evaporator system.

Keywords : Refrigerator; Defrosting; Evaporator; Humidity

** Corresponding Author. Tel: +668 9607 1641, E-mail Address: nattachote.r@rmutp.ac.th*

1. บทนำ

ปัจจุบันเครื่องทำความเย็นจัดเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างสูง มีการคิดค้นเทคโนโลยีประหยัดพลังงานด้วยวิธีการต่างๆ มากมาย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำความเย็นให้สูงขึ้น ตู้แช่สำหรับเก็บอาหารเพื่อปรุงขายสำหรับร้านค้าปลีกเป็นตู้แช่ที่มีการใช้งานในปริมาณที่มากกว่าหนึ่งพันเครื่องต่อปี คุณลักษณะในการทำงานของตู้แช่เย็นประเภทนี้จะมีช่วงอุณหภูมิสำหรับเก็บรักษาอาหารอยู่ที่ 2-6 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิของเครื่องระเหยที่ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส จึงจำเป็นต้องมีช่วงระยะเวลาการทำละลายน้ำแข็งที่แผงเครื่องระเหย โดยเป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้กับครีบของเครื่องระเหยให้สูงกว่าจุดหลอมเหลวของน้ำแข็ง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดน้ำแข็งสะสมที่ครีบของเครื่องระเหยหนาแน่นจนลดทอนประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิ ช่วงการทำงานนี้จึงถือได้ว่าเป็นค่าความสูญเสียพลังงานที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในระบบเพราะเป็นช่วงที่มีการใช้พลังงานไม่ตรงวัตถุประสงค์ที่ต้องการสร้างความเย็น แต่เนื่องจากอากาศที่ไหลผ่านเครื่องระเหยประกอบด้วยความชื้น ดังนั้นเมื่อเครื่องระเหยของระบบทำความเย็นมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ จึงไม่สามารถหลีกเลี่ยงการเกิดน้ำแข็งที่ผิวเครื่องระเหยได้ [1] กระบวนการละลายน้ำแข็งของระบบทำความเย็นที่นิยม คือ การละลายน้ำแข็งด้วยการตั้งเวลาคงที่ จะใช้การตั้งเวลาในการละลายน้ำแข็งเมื่อถึงเวลาที่กำหนด ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย มีต้นทุนต่ำ ค่อนข้างมีเสถียรภาพ ส่วนระยะเวลาในการละลายน้ำแข็งแต่ละรอบขึ้นอยู่กับความหนาของน้ำแข็งที่จับที่ครีบของเครื่องระเหย [2] โดยทั่วไปจะอ้างอิงมาจากช่วงฤดูที่มีความชื้นในอากาศสูงที่สุดที่เครื่องสามารถละลายน้ำแข็งที่ครีบของเครื่องระเหยได้อย่างสมบูรณ์ [3] ดังนั้น ในฤดูที่มีความชื้นในอากาศน้อยหรือรอบที่มีน้ำแข็งเกาะเพียงเล็กน้อย จึงมีโอกาสที่จะเกิดช่วงเวลาละลายน้ำแข็งที่เกินความจำเป็นเกิดขึ้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มภาระในการทำความเย็นของระบบและเป็นการใช้พลังงานที่ไม่เกิดประโยชน์สูงสุดในการทำความเย็น

แนวความคิดของบทความนี้เป็นการจัดการระบบควบคุมการละลายน้ำแข็งที่แผงเครื่องระเหยตามภาระจริง ไม่อ้างอิงตามรอบเวลาที่กำหนดให้ถึงรอบการละลายน้ำแข็งเหมือนดังเช่นระบบควบคุมทั่วๆ ไป การทำงานเบื้องต้นของระบบนี้ คือ ใช้ค่าที่วัดได้จากจุดอ้างอิง 2 ค่า คือ อุณหภูมิเครื่องระเหยและอุณหภูมิอากาศในพื้นที่แช่เย็น มาประมวลผลก่อนที่จะจัดลำดับสั่งการให้พัดลมเครื่องระเหยหรือคอมเพรสเซอร์เริ่มทำงาน ในช่วงอุณหภูมิพักเครื่อง อุณหภูมิที่แผงเครื่องระเหยในขณะนั้นจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในตู้แช่ ระบบจะสั่งงานให้ถ่ายเทความเย็นส่วนนี้ไปสู่พื้นที่ทำความเย็นในตู้แช่ก่อนจะสั่งให้คอมเพรสเซอร์ทำงาน ทำให้สามารถช่วยลดเวลาทำงานของคอมเพรสเซอร์ให้น้อยลงยังผลให้ใช้พลังงานลดน้อยด้วย [4]

2. วิธีการศึกษา

2.1 วิสัยสามารถเครื่องระเหย

คือ อัตราที่สารทำความเย็นในเครื่องระเหยถ่ายโอนรับเอาพลังงานความร้อนไปได้ในหนึ่งหน่วยเวลา [5] หน่วยเป็น กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิของสารทำความเย็นในเครื่องระเหยคงที่ ประมาณเท่ากับอุณหภูมิระเหย (t_e) ตลอดช่วงที่อยู่ในเครื่องระเหย ดังนั้นวิสัยสามารถเครื่องระเหย เขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 1

$$Q_k = KA\,(t_m - t_e) \quad (1)$$

โดย

Q_k = วิสัยสามารถทำความเย็นได้ของเครื่องระเหย (กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง)

K = สปส.การถ่ายโอนความร้อนรวมของเครื่องระเหย (กิโลแคลอรีต่อตารางเมตร ชั่วโมง องศาเซลเซียส)

A = พื้นที่ถ่ายโอนความร้อนของเครื่องระเหย (ตารางเมตร)

t_m = อุณหภูมิเฉลี่ยของของไหลที่จะทำให้เย็น (องศาเซลเซียส)

t_e = อุณหภูมิระเหย (องศาเซลเซียส)

ตามสมการที่ (1) เรียกว่า ภาระความร้อนของเครื่องระเหย โดยปริมาณความร้อนนี้จะไปทำให้สารทำความเย็นระเหยกลายเป็นไอในเครื่องระเหย ปริมาณ q_m ในหนึ่งหน่วยเวลาและจากวัฏจักรการทำงานเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอสารทำความเย็นบนแผนภาพมอลเลียร์ [6] หาความสัมพันธ์ได้ตามสมการที่ (2)

$$Q_k = q_m (h_2 - h_1) \quad (2)$$

โดย

Q_k = วิสัยสามารถทำความเย็นได้ของเครื่องระเหย (กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง)

q_m = อัตราไหลผ่านเครื่องระเหยของสารทำความเย็น (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

h_1 = เอนทัลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าสู่เครื่องระเหย (กิโลแคลอรี)

h_2 = เอนทัลปีของสารทำความเย็นเมื่อออกจากเครื่องระเหย (กิโลแคลอรี)

กรณีเครื่องระเหยทำความเย็นให้กับของไหลที่ความจุความร้อนจำเพาะ c และไหลผ่านด้วยอัตราการไหล q_m ในหนึ่งหน่วยเวลา จากสมการ (2) จึงได้ความสัมพันธ์ดังสมการ (3)

$$Q_k = cq_m (t_{w1} - t_{w2}) \quad (3)$$

โดย

Q_k = วิสัยสามารถทำความเย็นได้ของเครื่องระเหย (กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง)

q_m = อัตราไหลผ่านเครื่องระเหยของของไหลที่จะทำให้เย็น (กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง)

t_{w1} = อุณหภูมิของของไหลตอนเข้าสู่เครื่องระเหย (องศาเซลเซียส)

t_{w2} = อุณหภูมิของของไหลตอนออกจากเครื่องระเหย (องศาเซลเซียส)

c = ความจุความร้อนจำเพาะของของไหลที่จะทำให้เย็น (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม องศาเซลเซียส)

2.2 ปริมาณความร้อนที่ใช้ละลายน้ำแข็งที่อีแวปปอเรเตอร์

ปริมาณความร้อนที่ต้องดึงออกจากน้ำแข็งที่เกาะอยู่บริเวณอีแวปปอเรเตอร์หาได้จากสมการที่ (4)

$$kcal = (kg * Sp.H * T.D.) + L.H. \quad (4)$$

โดย

$kcal$ = ปริมาณความร้อน (กิโลแคลอรี)

kg = น้ำหนักของน้ำแข็ง (กิโลกรัม)

$Sp.H$ = ความร้อนจำเพาะของน้ำแข็ง

$T.D.$ = อุณหภูมิแตกต่างของน้ำแข็ง

$L.H.$ = ความร้อนแฝงของการหลอมละลายของน้ำแข็ง (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)

2.3 ระยะเวลาเดินเครื่องสัมพัทธ์ [7], [8]

อัตราส่วนระหว่างระยะเวลาเดินเครื่องต่อช่วงเวลาที่ทำการวัดทั้งหมด ไม่รวมเวลาที่ใช้ในการละลายน้ำแข็ง ดังสมการที่ (5)

$$t_{rr} = \frac{t_{run}}{t_{run} + t_{stop}} = \frac{t_{run}}{24 + t_{deft}} \quad (5)$$

โดย

t_{rr} = ช่วงเวลาเดินเครื่องสัมพัทธ์หรือร้อยละของช่วงเวลาเดินเครื่องตู้แช่

t_{run} = ระยะเวลาที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน

t_{stop} = ระยะเวลาที่คอมเพรสเซอร์หยุดทำงานโดยไม่รวมเวลาที่ใช้ในการละลายน้ำแข็ง

t_{deft} = ระยะเวลาขณะละลายน้ำแข็ง

2.4 ชุดควบคุม

ระบบที่นำเสนอนี้จะใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิภายในตู้แช่จำนวน 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่ 1 วัดอุณหภูมิอากาศในพื้นที่แช่เย็นและตำแหน่งที่ 2 วัดอุณหภูมิของเครื่องระเหยและนำค่าที่วัดได้ไปประมวลผลเพื่อจัดลำดับการทำงานของมอเตอร์พัดลมและคอมเพรสเซอร์

เริ่มต้นจากการตั้งค่า คัท-อิน,คัท-ออฟ ที่วัดโดยเซ็นเซอร์ตำแหน่งที่ 1 เพื่อสั่งให้คอมเพรสเซอร์เริ่มและหยุดทำงาน ให้มีค่า 4 องศาเซลเซียส และ 1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อระดับอุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ตำแหน่งที่ 1 สูงกว่าหรือเท่ากับค่า คัท-อิน หน่วยประมวลผลจะเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ตำแหน่งที่ 2 หากอุณหภูมิของเครื่องระเหยต่ำกว่าจะสั่งงานให้พัดลมทำงานเพียงอย่างเดียวเพื่อถ่ายเทอุณหภูมิจากเครื่องระเหยไปสู่พื้นที่แช่เย็น จนระดับอุณหภูมิของเครื่องระเหยหรืออุณหภูมิภายในตู้แช่อย่างใดอย่างหนึ่งมากกว่าหรือเท่ากับค่า คัท-อิน หน่วยประมวลผลจึงจะสั่งให้คอมเพรสเซอร์ทำงานพร้อมกับพัดลมจนกว่าเซนเซอร์วัดอุณหภูมิจุดที่ 1 จะวัดอุณหภูมิภายในตู้แช่ได้ต่ำกว่าหรือเท่ากับค่า คัท-ออฟ จึงสั่งให้มอเตอร์พัดลมและคอมเพรสเซอร์หยุดทำงาน [9]

2.5 การทดสอบเปรียบเทียบ

ใช้ตู้แช่เย็นทรงเคาท์เตอร์ขนาดหน้ากว้าง 150 เซนติเมตร จำนวน 2 เครื่องมาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการทำงานภายใต้สภาวะเดียวกัน โดย

เครื่องที่ 1 ควบคุมการละลายน้ำแข็งด้วยการตั้งเวลาคงที่

เครื่องที่ 2 ติดตั้งระบบควบคุมการละลายน้ำแข็งตามภาระ

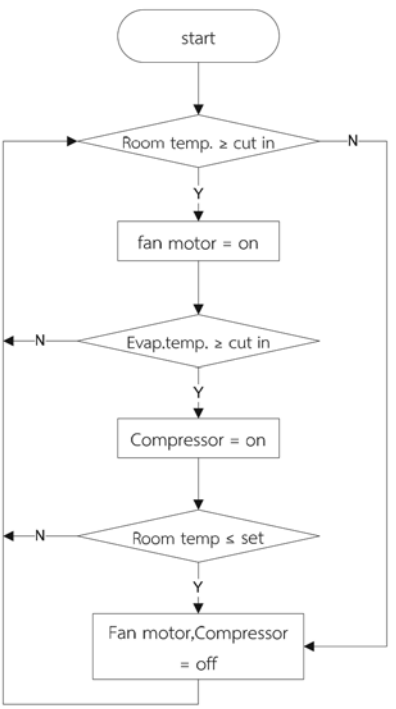
กำหนดการปรับสภาวะห้องทดสอบ โดยอ้างอิงสภาวะของห้องทดสอบตามมาตรฐาน ISO23953-2 class 3 [8] อุณหภูมิกะเปาะแห้ง 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 โดยก่อนเริ่มทดสอบมีการนำตู้แช่ที่ต้องการทดสอบมาติดตั้งในห้องทดสอบอย่างน้อย 3 ชั่วโมง เพื่อปรับสภาพอุณหภูมิภายในตู้แช่ให้เริ่มทำงานที่ระดับอุณหภูมิเดียวกันและติดตั้งเครื่องบันทึกอุณหภูมิตามตำแหน่ง ดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3 โดยมีจุดติดตั้งดังนี้

จุดที่ 1 บันทึกอุณหภูมิอากาศภายในตู้แช่

จุดที่ 2 บันทึกอุณหภูมิของเครื่องระเหย

จุดที่ 3 บันทึกอุณหภูมิสินค้า

จุดที่ 4 บันทึกอุณหภูมิและความชื้นอากาศภายในห้องทดสอบ



รูปที่ 1 ผังการทำงานเบื้องต้นของชุดควบคุม

รูปที่ 2 ตำแหน่งติดตั้งสายวัดอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิสินค้าภายในตู้แช่

รูปที่ 3 ตำแหน่งติดตั้งสายวัดอุณหภูมิที่เครื่องระเหย

2.6 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

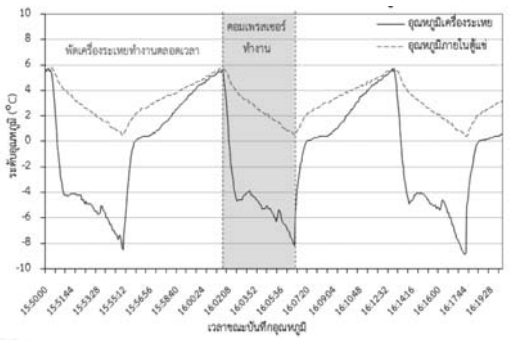
1. เครื่องมือบันทึกอุณหภูมิ 30 ช่อง Yokogawa รุ่น DX230-1-2 ใช้สำหรับบันทึกอุณหภูมิตำแหน่งที่ทดสอบได้ในเวลาเดียวกัน

2. เครื่องมือบันทึกพลังงาน Clam on Power Hitester Hioki 2169-20/21 ใช้สำหรับบันทึกพลังงานสถานะการทำงานของคอมเพรสเซอร์ของตู้แช่ที่ทดสอบได้ในเวลาเดียวกัน

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

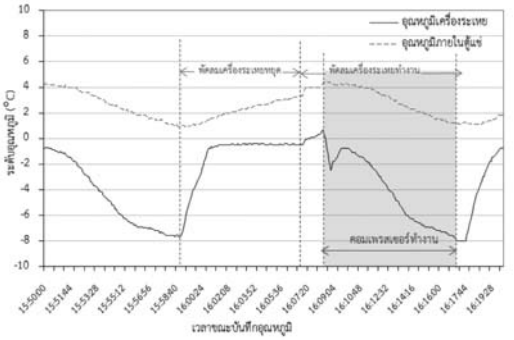
3.1 ผลการวัดระดับอุณหภูมิภายในตู้แช่เย็น

ภายหลังการบันทึกอุณหภูมิขณะที่ตู้แช่เย็นทั้ง 2 เครื่องทำงานพร้อมกันได้ผลการทดสอบ ดังรูปที่ 4–7

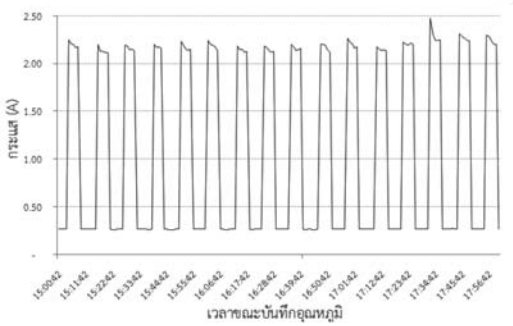


รูปที่ 4 อุณหภูมิของตู้แช่เย็นที่ควบคุมด้วยระบบละลายน้ำแข็งด้วยการตั้งเวลาคงที่

จากกราฟอุณหภูมิรูปที่ 4 จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิภายในตู้แช่และเครื่องระเหยมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า คัท-อิน ชุดควบคุมจะสั่งให้คอมเพรสเซอร์และพัดลมเครื่องระเหยทำงาน สารทำความเย็นจะถูกฉีดเข้าไป ในเครื่องระเหยทำให้อุณหภูมิของเครื่องระเหยลดต่ำลงจนถึงค่าที่ได้ออกแบบไว้ และพัดลมเครื่องระเหยจะพัดอากาศภายในตู้แช่ให้ไหลผ่านเครื่องระเหย ทำให้อุณหภูมิภายในตู้แช่ลดต่ำลง ดังสมการที่ (1) ถึง (3) จนกระทั่งอุณหภูมิภายในตู้แช่ลดต่ำลงจนถึงค่า คัท-ออฟ ชุดควบคุมจึงจะสั่งให้คอมเพรสเซอร์หยุดทำงาน แต่พัดลมที่เครื่องระเหยยังทำงานอยู่ตลอดเวลา หลังจากนั้นเมื่ออุณหภูมิภายในตู้แช่และเครื่องระเหยจะสูงขึ้นจนถึงค่า คัท–อิน ชุดควบคุมจึงจะสั่งให้คอมเพรสเซอร์ทำงานอีกครั้ง

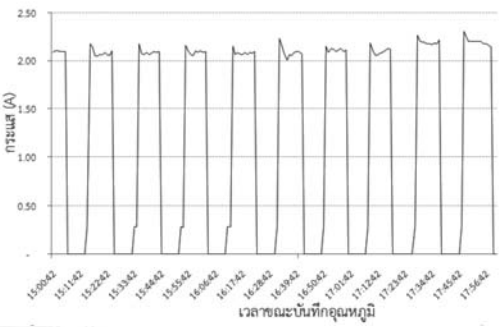


รูปที่ 5 อุณหภูมิของตู้แช่เย็นที่ควบคุมด้วยระบบละลายน้ำแข็งตามภาระ



รูปที่ 6 สถานะการทำงานคอมเพรสเซอร์ของตู้แช่เย็นที่ควบคุมด้วยระบบละลายน้ำแข็งด้วยการตั้งเวลาคงที่

จากรูปที่ 5 ขณะที่คอมเพรสเซอร์ทำงานและฉีดสารทำความเย็นเข้าไปในเครื่องระเหย อุณหภูมิภายในตู้แช่และเครื่องระเหยจะลดต่ำลงตามสมการที่ (1) ถึง (3) จนกระทั่งอุณหภูมิภายในตู้แช่ลดลงถึงค่าคัท-ออฟ ชุดควบคุมจะสั่งให้คอมเพรสเซอร์และพัดลมเครื่องระเหยหยุดทำงาน



รูปที่ 7 สถานะการทำงานคอมเพรสเซอร์ของตู้แช่เย็นที่ควบคุมด้วยระบบละลายน้ำแข็งตามภาระ

3.2 ผลการวัดเพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานและด้านอื่นๆ

ผลทดสอบตู้แช่ควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลทดสอบตู้แช่ควบคุมการละลายน้ำแข็งด้วยการตั้งเวลาคงที่ (เครื่องที่ 1) และตู้แช่เย็นที่ควบคุมการละลายน้ำแข็งตามภาระ (เครื่องที่ 2) ใน 1 คาบเวลาทดสอบ (24 ชั่วโมง)

ลำดับครั้ง	พลังงานที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/24 ชั่วโมง)		ช่วงเวลาคอมเพรสเซอร์ เดิน/หยุด / ละลายน้ำแข็ง (นาที/24 ชั่วโมง)		ระยะเวลาเดินเครื่องสัมพัทธ์	
	เครื่องที่ 1	เครื่องที่ 2	เครื่องที่ 1	เครื่องที่ 2	เครื่องที่ 1	เครื่องที่ 2
1	7.83	7.18	584 / 756 / 100	521 / 891 / 28	0.4358	0.3689
2	7.90	7.21	570 / 770 / 100	511 / 902 / 27	0.4253	0.3616
3	7.80	7.25	590 / 750 / 100	533 / 867 / 40	0.4402	0.3807
4	7.78	7.19	581 / 759 / 100	579 / 886 / 35	0.4335	0.3693
ค่าเฉลี่ย	**7.82**	**7.20**	**581 / 759 / 100**	**521/ 886/ 32.5**	**0.4337**	**0.3701**

3.3 การอภิปรายผล

จากการทดสอบตู้แช่เย็นเปรียบเทียบระบบควบคุมการทำงานทั้ง 2 ตู้ ผลที่ได้พบว่าในแต่ละรอบของการทำความเย็น ตู้แช่เย็นที่ควบคุมการละลายน้ำแข็งตามภาระจะมีช่วงเวลาหยุดพักการทำงานของมอเตอร์พัดลมเครื่องระเหย ภายหลังจากที่เครื่องสามารถทำอุณหภูมิภายในตู้แช่ได้ถึงค่า คัท-ออฟ ต่างจากตู้แช่เย็นที่ควบคุมด้วยระบบตั้งเวลาละลายน้ำแข็งคงที่ ที่มอเตอร์พัดลมทำงานตลอดเวลาและเกิดความร้อนสะสมภายในตัวมอเตอร์เป็นภาระความร้อนที่ทำให้ค่า t_{w1} ในสมการที่ (3) สูงขึ้น และจากการที่พัดลมทำงานตลอดเวลา ทำให้อุณหภูมิภายในตู้แช่เปลี่ยนแปลงรวดเร็ว เนื่องจากมีลมหมุนเวียนแลกเปลี่ยนอุณหภูมิระหว่างอากาศภายในตู้แช่กับเครื่องระเหยตลอดเวลา ส่งผลให้มีการเดิน/หยุดของคอมเพรสเซอร์บ่อยหรือจำนวนรอบการสตาร์ทของคอมเพรสเซอร์ถี่ในขณะที่ช่วงระยะเวลาการละลายน้ำแข็งคงที่ แต่ผลรวมช่วงเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์นานขึ้นกว่าระบบควบคุมการละลายน้ำแข็งตามภาระ ที่แม้ว่าช่วงระยะเวลาการทำงานในแต่ละรอบของคอมเพรสเซอร์จะยาวนานกว่าก็ตามแต่ความถี่ในการสตาร์ทมอเตอร์คอมเพรสเซอร์จะน้อยกว่า และจากระยะเวลาการทำงานและความถี่ในการสตาร์ทที่ไม่เท่ากันของมอเตอร์พัดลมเครื่องระเหยและมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

ทำให้มีผลต่อช่วงระยะเวลาเดินเครื่องสัมพัทธ์ที่แปรผันตรงกับการใช้พลังงานของตู้แช่ระบบตั้งเวลาละลายน้ำแข็งคงที่และระบบควบคุมการละลายน้ำแข็งตามภาระที่นำมาทดสอบเปรียบเทียบกัน

4. สรุป

ระบบควบคุมการละลายน้ำแข็งตามภาระเป็นทำงานตามหลักการใช้ปริมาณความเย็นที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของเครื่องระเหยถ่ายเทให้กับพื้นที่แช่เย็นก่อนที่จะสั่งงานให้คอมเพรสเซอร์ทำงาน ช่วยให้ลดความถี่ในการเริ่มต้นทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ได้ และมีความสะดวกต่อการปรับตั้งค่าใช้งานเนื่องจากไม่ต้องปรับค่าการละลายน้ำแข็งให้เหมาะสมกับสภาพอากาศในแต่ละฤดูเหมือนกับระบบควบคุมด้วยการตั้งเวลาละลายน้ำแข็งคงที่แบบเดิม โดยใช้วิธีการดึงความร้อนแฝงของฟิล์มน้ำแข็งที่เริ่มสะสมที่ครีบของเครื่องระเหยถ่ายเทไปใช้งานในทุกรอบการทำงานช่วง คัท-อิน และมีการจัดลำดับการทำงานของพัดลม ผลที่ได้จากการลดความถี่ในการเริ่มเดินของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์และจัดลำดับการทำงานของมอเตอร์พัดลม คือ มีการใช้พลังงานโดยรวมของตู้แช่ที่ลดลงประมาณ ร้อยละ 8 เมื่อเปรียบเทียบกับการควบคุมด้วยระบบตั้งเวลาละลายน้ำแข็งคงที่ โดยที่ไม่มีผลกระทบต่ออุณหภูมิของสินค้า

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนผลงานวิจัย และ คุณคิม ตั้งสิริมานะกุล กรรมการผู้จัดการบริษัท พัฒนาอินเตอร์-คูล ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งได้ช่วยให้บทความนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

6. เอกสารอ้างอิง

[1] B. Dolin, “Refrigeration frost and defrost,” *RSES Journal,* Dec. 2010.

[2] N. Azam Baleghy and S. K. Mousavi Mashhadi, “Design and implementation fuzzy controller in the frost-free refrigerator by using multivariate regression,” *in Proceeding of 20th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE),* University of Tehran, Tiran, Albania, 2012, pp. 840–844.

[3] Z. Liu, H. Wang, X. Zhang, S. Meng and C. Ma, “An experimental study on

minimizing frost deposition on a cold surface under natural convection conditions by use of a novel anti-frosting paint. Part I. Anti-frosting performance and comparison with the uncoated metallic surface," *International Journal of Refrigeration,* vol. 29, no. 2, pp. 229–236, Mar. 2006.

[4] Z. Liu, L. Huang, Y. Gou, and Y. Liu, "Experimental investigations of frost release by hydrophilic surfaces," *Journal of Frontiers of Energy and Power Engineering in China,* vol. 4, no. 4, pp. 475–487, Dec. 2010.

[5] W. Bunthon, *Cooling and refrigeration,* Bangkok: Chulalongkorn University Press. 2007.

[6] C. Liu, X.-M. Guo, and B. Yang, "Experimental Study on the Defrost Characteristics of an Air Source Heat Pump Unit with Split Fin-tube Heat Exchangers," in *Conference of Asia-Pacific Power and Energy Engineering*, Chengdu, China, 2010, pp. 1–5.

[7] *Refrigerated display cabinets Part 1: Vocabulary,* International standard ISO 23953-1, 2005.

[8] *Refrigerated display cabinets Part 2: Classification, requirements and test conditions*, International standard ISO 23953-2, 2005.

[9] L. Burge, "Defrosting basic & beyond. Master-Bilt Refrigeration Solution*," Cool it Journal,* vol. 11, no. 4, pp. 1–5, Oct. 2010.